

66 of 68 DOCUMENTS

COPYRIGHT: 1989, JPO & Japio

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

01037934

February 8, 1989

FINGERPRINT DETECTOR

INVENTOR: YAMADA TOMOO; WATANABE EIJI

APPL-NO: 62193648

FILED-DATE: August 4, 1987

ASSIGNEE-AT-ISSUE: METEOOLA SYST KK

YAMADA TOMOO

DIGITAL COMPUTER KK

WATANABE EIJI

PUB-TYPE: February 8, 1989 - Un-examined patent application (A)

PUB-COUNTRY: Japan (JP)

IPC-MAIN-CL: A 61B005#10

CORE TERMS: fingerprint, detection, sensor, thickness, card, laser, slab

ENGLISH-ABST:

PURPOSE: To make a fingerprint detector ultra-thin to enable it to be integrated in an IC card or a memory card etc., by providing a face-type sensor which detects a fingerprint placed in a fingerprint detection area at another boundary face.

CONSTITUTION: A projector 19 for irradiating laser 17 is provided above a slot 13 for inserting a card 1. In the interior of the card 1, a graded index slab line 21 is located adjacent to a reception window 15 and a fingerprint detection area 9 at the upper face thereof and a CCD sensor 23 with a thickness of $d(2)$ at the lower surface thereof. Thicknesses $d(1)$, $d(2)$ and $d(3)$ are determined so that $d(3)$ is more than $d(2)$ and $d(3)$ is more than $d(1)/d(2)$. Here, $d(1)$ represents the thickness of the slab line 21 faced to the CCD sensor 23 and $d(3)$ the thickness immediate below the fingerprint detection area 9. When the total reflection light of the laser 17 is led to the fingerprint detection area 9 to work as a light source, scattering light by a fingerprint is generated and is focused on the upper face of the CCD sensor 23 located below the detection area 9. Namely, the fingerprint of a thumb 5 placed in the fingerprint detection area 9 is detected by the CCD sensor 23.

⑫ 公開特許公報 (A)

昭64-37934

⑪ Int. Cl. 4

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和64年(1989)2月8日

A 61 B 5/10

3 2 2

7916-4C

審査請求 有 発明の数 1 (全10頁)

⑭ 発明の名称 指紋検出装置

⑯ 特 願 昭62-193648

⑰ 出 願 昭62(1987)8月4日

⑱ 発 明 者 山 田 具 男 東京都西多摩郡日の出町大字平井2196-488

⑲ 発 明 者 渡 邊 栄 治 神奈川県横浜市港北区高田町1549番地

⑳ 出 願 人 メテオーラ・システム 神奈川県横浜市港北区高田町1549番地

株式会社

㉑ 出 願 人 山 田 具 男 東京都西多摩郡日の出町大字平井2196-488

㉒ 出 願 人 デジタルコンピュー 東京都千代田区三番町8-7 第25興和ビル

タ株式会社

㉓ 出 願 人 渡 邊 栄 治 神奈川県横浜市港北区高田町1549番地

㉔ 代 理 人 弁理士 三好 保男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

指紋検出装置

2. 特許請求の範囲

中心面から外方面に向けて屈折率を次第に小としたグレイデッドインデックススラブ線路を設け、該スラブ線路の一境界面の所定位置に指紋検出エリアを設け、該エリアに置かれた指紋をセルフオクの原理に基いて他の境界面で検出する面状センサを設けたことを特徴とする指紋検出装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明は、超薄型の指紋検出装置に関する。

(従来の技術)

従来の指紋検出装置は、透明ガラスに押し当てられた指紋を、凸レンズなどレンズ系を介してCCDセンサなど面状センサで読取るものである。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、上記の如き従来よりの指紋検

出装置にあっては、凸レンズ系など結像を行なうのにかなりの距離を要するレンズ系を備えた構成であったため、指紋とこれを読取る面状センサとの間にかかなりの厚みを必要とし、装置が大形になるという問題点があった。

例えば、近年、金融、医療などの分野でICカードやメモリカードなどカードが多用されるようになってきているが、确实な本人識別を簡易な装置で行うため、指紋検出装置をこの薄型カード(3~5mm程度)内に組み込みたいという要望がある。

そこで、本発明はICカードなどカード内に組み込み可能な超薄型の指紋検出装置を提供することを目的とする。

〔発明の構成〕

(問題点を解決するための手段)

上記問題点を解決する本発明の指紋検出装置は、中心面から外方面に向けて屈折率を次第に小としたグレイデッドインデックス(graded index)スラブ線路を設け、該スラブ線路の一境界面の所

定位置に指紋検出エリアを設け、該エリアに置かれた指紋をセルフオク（Selfoc）の原理に基いて他の境界面で検出する面状センサを設けたことを特徴とする。

（作用）

本発明の指紋検出装置の厚みは、指紋検出エリアに置かれた指紋をセルフオク（Selfoc ; self focus）の原理で他の面に結像するグレイデッドインデックススラブ線路の実質的な厚み d_1 と、結像された指紋を2次元座標で検出する面状センサの厚み d_2 の和（ $d_1 + d_2$ ）で定まる。

（実施例）

本発明をICカードの本人識別に利用した例を挙げ本発明の実施例を説明する。

第1図は、ICカードをICカードインタフェース（端末）に装着する状態を示す説明図、第2図はICカードの内部構成を示す説明図、第3図～第5図はセルフオクの原理による指紋検出作用の説明図である。

第1図に示すように、ICカード1は、手3の親指5と人差し指7との間で挟まれ、上面の指紋

検出エリア9に親指5を押し当てた状態で、ICカードインタフェース11のカード装着孔13に差し込まれる。

ICカードインタフェース11のカード装着孔13の上部には、前記ICカード1に設けられた受光窓15に向けて、例えばレーザ光17を照射する投光器19が設けられている。

第2図に示すように、ICカード1の内部には、前記受光窓15、指紋検出エリア9に面してグレイデッドインデックススラブ線路21が設けられ、該スラブ線路21の下面側には厚み d_2 のCCDセンサ23が設けられている。CCDセンサ23と面する部分のスラブ線路21の厚みを d_1 とする。

スラブ線路21は、現代光工学の基礎（オーム社発行、飯塚啓吾著）に記載のセルフオク・レンズと同様に、中心面から外方面に向けて屈折率が次第に小とした光伝播路で形成されている。

上記構成の指紋検出装置において、同書に示されるセルフオクの原理により親指5の指紋をCC

Dセンサ23の上面に結像させるのであるが、第3図～第5図によりこの原理を説明する。

まず、第3図において、セルフオク・レンズ25中の光線軌跡は、 x を振幅、 Z 軸を進行方向、 $n^2 = n_0^2 (1 - a^2 \cdot x^2)$ を屈折率、 C_1 、 C_2 、 a を定数として、

$$x = C_1 \sin(a / \cos \theta_0) Z + C_2 \cos(a / \cos \theta_0) Z \quad \dots \textcircled{1}$$

で表わされる。ただし、 y 方向には屈折率 n の変化はなく、かつ y 方向は無限に大きいものとする。

又、このときの光線行列は、

$$\alpha = (a \cdot Z) / \cos \theta_0$$

として、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -a \sin \alpha \\ \sin \alpha / a & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix} \quad \dots \textcircled{2}$$

で表わされる。

以上のことにより、セルフオク・レンズ25の一端面側に置かれた物体27からの光線を入力してセルフオク・レンズ25の他端面側で像29を結ぶことができるのであるが、このときのセルフ

オク・レンズのシステム行列 A は、次式で与えられる。

$$A = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -n_0 a \sin \alpha \\ \sin \alpha / (a n_0) & \cos \alpha \end{pmatrix} \quad \dots \textcircled{3}$$

以上は、一般にグレイデッド・インデックス・スラブ線路のレンズとしての理論の概要である。

次に、第4図に示すように、上記のセルフオク・レンズ25の両端を延長し、スラブ線路27を形成し、上端面の一点 P に於て入射された入力光線について考える。これについても幾何光学的レンズ作用を期待できるか？

今、点 P の光線行列を、

$$\begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

で表わし、 $Z = 0$ として式②に適用すると、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = A \cdot \begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

である。そこで、 $z = 3\pi \cdot \cos \theta_0 / a$ として式②を求めると、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = A \cdot \begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

…⑤

即ち、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\phi_1 \\ -x_1 \end{pmatrix}$$

…⑥

で、結像されることが明らかとなる。

この場合焦点 z (f_1, f_2) は、

$$z = (\pi/2) (\cos \theta_0 / a)$$

$$, (5\pi/2) (\cos \theta_0 / a) \quad \dots ⑦$$

倍率 β は、

$$\beta = x_2 / x_1 = -x_1 / x_1$$

で当然1である。

又、式②の変換マトリックスAのレンズとしての条件は、Aの行列式が、

$$\det(A) = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

ただし、コントラストをより良好とするためには、投光を例えばオレンジ色の単色光とし、かつ白色光による微小な分光要素を取り除くため、スラブ線路21とCCDセンサとの間にカラーフィルタを施しておくが良い。

CCDセンサ23上に得られた指紋パターンは、パターンマッチング法や特徴抽出法などによりICカード1内に記憶された本人識別用パターンと照合され、本人識別されたときのみICカード1をICカードインタフェース11と交信可能とする。

よって、本例では、ICカード1でセキュリティの高い個人データバンクを構築することができると共に、指紋パターンがICカードインタフェース11を介して端末ないし接続コンピュータ側に渡されることがないので、ICカード所有者のプライバシーが保護される。

もっとも、プライバシーの侵害をあまり問題としない場合には、本人識別用の指紋パターンをICカード1からインタフェース側に取り出して、

で与えられるので、結像条件の全てを満たしている。

よって、第5図に示すように、指紋検出エリアの直下の厚み d_3 をCCDセンサ23部分の厚み d_1 より厚くした態様で寸法 d_1, d_2, d_3 ($d_3 > d_1/2$)を定め、指紋検出エリア9にレーザ光17の屈折光を導けば、これを光源として、指紋による散乱光が発生され、これが下面に置かれたCCDセンサ23の上面側に結像される。言い換えれば、指紋検出エリア9に置かれた親指5の指紋をCCDセンサ23で検出できる。

レーザ光17は、臨界角よりわずかな小さな角度で入射され、その振巾は d_3 であるので下面側で全反射され、上面側では、その振巾は距離 d_1 の半分より大きいから指紋を照射して、余計の光は図右方に捨てられる。又、点Pよりの散乱光のうち、結像に寄与されない光も捨てられる(振巾は図-4の式を参照の事)。

なお、投光される光(参照光)はレーザ光である必要はなく、通常の白色光又は単色光であっても良く、これが本案の特徴を与える。

端末側で照合処理する事もできる。

なお、本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、適宜の設計的変更を行うことにより、他の態様でも実施し得るものである。

【発明の効果】

以上のように、本発明は、グレイデッド・インデックススラブ線路と面状センサとを主体として構成した指紋検出装置であるから、装置を超薄型に形成することができ、ICカードやメモリカードなどカードに内蔵させることができる。

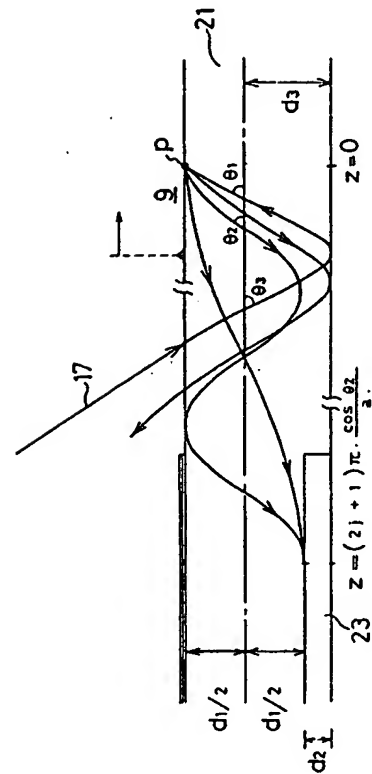
4. 図面の簡単な説明

第1図はICカードをICカードインタフェース(端末)に装着するときの状態を示す説明図、第2図はICカードの内部構成を示す説明図、第3図～第5図はセルフオクの原理による指紋検出作用の説明図である。

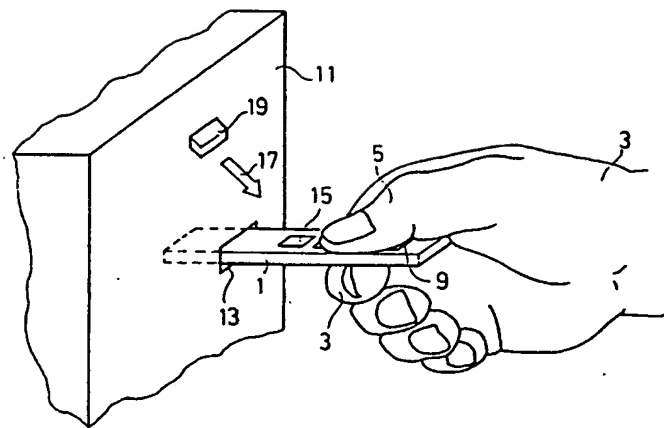
- | | |
|-------------------------|----------|
| 1 … ICカード | 5 … 親指 |
| 9 … 指紋検出エリア | 15 … 受光窓 |
| 17 … レーザ光 | 19 … 投光器 |
| 21 … グレイデッド・インデックススラブ線路 | |

23 ... CCD センサ

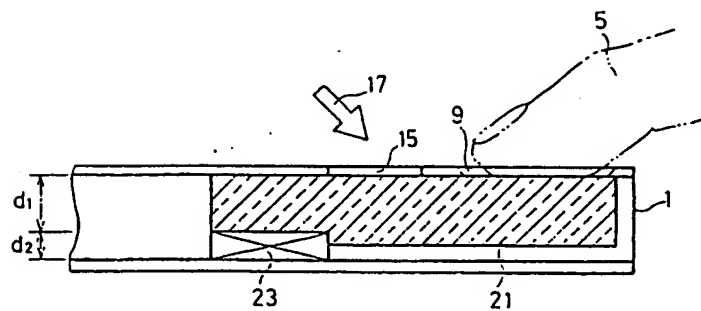
代理人 弁理士 三 好 保 男



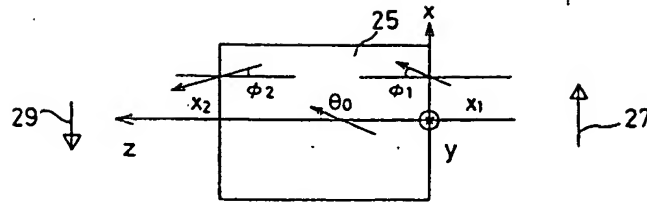
第 5 図



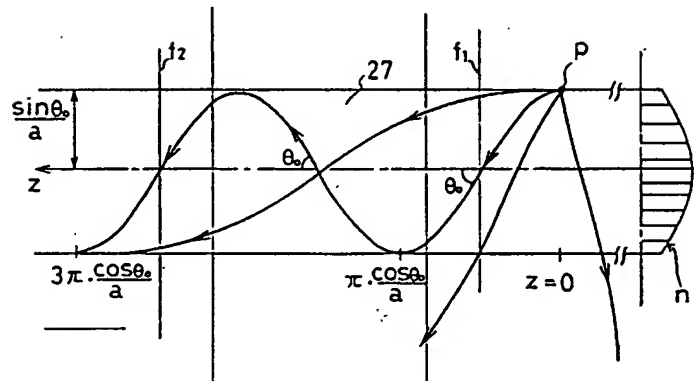
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

手続補正書 (自発)

昭和62年 9月14日

特 許 庁 長 官 殿

5. 補正の対象

- (1) 明 細 書
- (2) 図 面

6. 補正の内容

- (1) 明細書全文を別紙のとおり補正する。
- (2) 図面第1図～第5図を別紙のとおり補正する。

以 上

1. 事件の表示

昭和62年 特許願第193648号

2. 発明の名称

指紋検出装置

3. 補正をする者

事件との関係
住所 (居所)
氏名 (名称)

特許出願人
神奈川県横浜市港北区高田町1549番地
メテオーラ・システム株式会社
代表者 渡 邊 栄 治 (ほか3名)

4. 代 理 人

住 所

〒105 東京都港区虎ノ門1丁目2番3号
虎ノ門第一ビル5階

氏 名

電話 東京 (504) 3075 (代)
弁理士 (6834) 三 好 保 男



明 細 書

1. 発明の名称

指紋検出装置

2. 特許請求の範囲

中心面から外方面に向けて屈折率を次第に小としたグレイデッド・インデックス・スラブ線路を設け、該スラブ線路の一境界面の所定位置に指紋検出エリアを設け、該エリアに置かれた指紋をセルフフォクの原理に基づいて他の境界面で検出する面状センサを設けたことを特徴とする指紋検出装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明は、超薄型の指紋検出装置に関する。

(従来の技術)

従来の指紋検出装置は、透明ガラスに押し当てられた指紋を、凸レンズなどレンズ系を介してCCDセンサなど面状センサで読取るものである。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、上記の如き従来よりの指紋検

出装置にあっては、凸レンズ系など結像を行なうのにかなりの距離を要するレンズ系を備えた構成であったため、指紋とこれを読取る面状センサとの間にかかなりの厚みを必要とし、装置が大形になるという問題点があった。

例えば、近年、金融、医療などの分野でICカードやメモ리카ードなどカードが多用されるようになってきているが、確実な本人識別を簡易な装置で行うため、指紋検出装置をこの薄いカード(3~5mm程度)内に組み込みたいという要望がある。

そこで、本発明はICカードなどカード内に組み込み可能な超薄型の指紋検出装置を提供することを目的とする。

〔発明の構成〕

(問題点を解決するための手段)

上記問題点を解決する本発明の指紋検出装置は、中心面から外方面に向けて屈折率を次第に小としたグレイデッドインデックス(graded index)スラブ線路を設け、該スラブ線路の一境界面の所

定位置に指紋検出エリアを設け、該エリアに置かれた指紋をセルフフォクの原理に基づいて他の境界面で検出する面状センサを設けたことを特徴とする。

(作用)

本発明の指紋検出装置の厚みは、指紋検出エリアに置かれた指紋をセルフフォク(Selfoc: self focus)の原理で他の面に結像するグレイデッド・インデックス・スラブ線路の実質的な厚み d_1 と、結像された指紋を2次元座標で検出する面状センサの厚み d_2 の和($d_1 + d_2$)で定まる。

(実施例)

本発明をICカードの本人識別に利用した例を挙げ本発明の実施例を説明する。

第1図は、ICカードをICカードインタフェース(端末)に装着する状態を示す説明図、第2図はICカードの内部構成を示す説明図、第3図~第5図はセルフフォクの原理による指紋検出作用の説明図である。

第1図に示すように、ICカード1は、手3の

親指5と人差し指7との間で挟まれ、上面の指紋検出エリア9に親指5を押し当てた状態で、ICカードインタフェース11のカード装着孔13に差し込まれる。

ICカードインタフェース11のカード装着孔13の上部には、前記ICカード1に設けられた受光窓15に向けて、例えばレーザ光17を照射する投光器19が設けられている。

第2図に示すように、ICカード1の内部には、前記受光窓15、指紋検出エリア9に面してグレイデッドインデックススラブ線路21が設けられ、該スラブ線路21の下面側には厚み d_2 のCCDセンサ23が設けられている。CCDセンサ23と面する部分のスラブ線路21の厚みを d_1 とする。

スラブ線路21は、現代光工学の基礎(オーム社発行、飯塚啓吾著)に記載のセルフフォク・レンズと同様に、中心面から外方面に向けて屈折率を次第に小とした光伝播路で形成されている。

上記構成の指紋検出装置において、同書に示さ

れるセルフオクの原理により親指5の指紋をCCDセンサ23の上面に結像させるのであるが、第3図～第5図によりこの原理を説明する。

まず、第3図において、セルフオク・レンズ25中の光線軌跡は、 x を振幅、 Z 軸を進行方向、 $n^2 = n_0^2 (1 - a^2 \cdot x^2)$ を屈折率、 C_1 、 C_2 、 a を定数として、

$$x = C_1 \sin(a / \cos \theta_0) z + C_2 \cos(a / \cos \theta_0) z \quad \dots ①$$

で表わされる。ただし、 y 方向には屈折率 n の変化はなく、かつ y 方向は無限に大きいものとする。

又、このときの光線行列は、

$$\alpha = (a \cdot z) / \cos \theta_0$$

として、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -a \sin \alpha \\ \sin \alpha / a & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix} \quad \dots ②$$

で表わされる。

以上のことにより、セルフオク・レンズ25の一端面側に置かれた物体27からの光線を入力してセルフオク・レンズ25の他端面側で像29を

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

である。そこで、 $z = 3\pi \cdot \cos \theta_0 / a$ として式②を求めると、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = A \cdot \begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \dots ③$$

即ち、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\phi_1 \\ -x_1 \end{pmatrix} \quad \dots ④$$

で、結像されることが明らかとなる。

この場合、焦点 z (f_1 、 f_2)は、

$$z = (\pi/2) (\cos \theta_0 / a) \quad \dots ⑤$$

倍率 β は、

$$\beta = x_2 / x_1 = -x_1 / x_1$$

で当然1である。

又、式②の変換マトリックス A のレンズとしての

結ぶことができるのであるが、このときのセルフオク・レンズのシステム行列 A は、次式で与えられる。

$$A = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -n_0 a \sin \alpha \\ \sin \alpha / (a n_0) & \cos \alpha \end{pmatrix} \quad \dots ⑥$$

以上は、一般にグレイデッド・インデックス・スラブ線路のレンズとしての理論の概要である。

次に、第4図に示すように、上記のセルフオク・レンズ25の両端を延長し、スラブ線路27を形成し、上端面の一点 P に於て散乱された入力光束について考える。これについても幾何光学的レンズ作用を期待できるか？

今、点 P の光線行列を、

$$\begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

で表わし、 $z = 0$ として式②に適用すると、

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ x_2 \end{pmatrix} = A \cdot \begin{pmatrix} \phi_1 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

(以下、余白)

条件は、 A の行列式が、

$$\det(A) = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

で与えられるので、結像条件の全てを満たしている。

よって、第5図に示すように、指紋検出エリアの直下の厚み d_3 をCCDセンサ23部分の厚み d_1 より厚くした態様で寸法 d_1 、 d_2 、 d_3 ($d_3 > d_1 / d_2$)を定め、指紋検出エリア9にレーザ光17の全反射光を導けば、これを光源として、指紋による散乱光が発生され、これが下面に置かれたCCDセンサ23の上面側に結像される。言い換えれば、指紋検出エリア9に置かれた親指5の指紋をCCDセンサ23で検出できる。

レーザ光17は、臨界角よりわずかな角度で入射され、その振巾は d_3 であるので下面側で全反射され、上面側では、その振巾は、距離 d_1 の半分より大きいから指紋を照射して、余計の光は図右方に捨てられる。又、点 P よりの散乱光のうち、結像に寄与されない光18も捨てられる(その振巾は図-4の式を用いて、 θ_3 によって与えられる： $\theta_2 < \theta_3 < \theta_1$)。

なお、投光される光（参照光）はレーザー光である必要はなく、通常の白色光又は単色光であっても良く、これが本案の特徴を与える。

ただし、コントラストをより良好とするためには、投光を例えばオレンジ色の単色光とし、かつ白色光によるバックグラウンドの影響を取り除くため、スラブ線路21とCCDセンサとの間にカラーフィルタを施しておくが良い。

CCDセンサ23上に得られた指紋パターンは、パターンマッチング法や特徴抽出法などによりICカード1内に記憶された本人識別用パターンと照合され、本人識別されたときのみICカード1をICカードインタフェース11と交信可能とする。

よって、本例では、ICカード1でセキュリティの高い個人データバンクを構築することができると共に、指紋パターンがICカードインタフェース11を介して端末ないし接続コンピュータ側に流されることがないので、ICカード所有者のプライバシーが保護される。

もっとも、プライバシーの侵害をあまり問題としない場合には、本人識別用の指紋パターンをICカード1からインタフェース側に取り出して、端末側で照合処理する事もできる。

なお、本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、適宜の設計的変更を行うことにより、他の態様でも実施し得るものである。

【発明の効果】

以上のように、本発明は、グレイデッド・インデックス・スラブ線路と面状センサとを主体として構成した指紋検出装置であるから、装置を超薄型に形成することができ、ICカードやメモ리카ードなどカードに内蔵させることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図はICカードをICカードインタフェース（端末）に装着するときの状態を示す説明図、第2図はICカードの内部構成を示す説明図、第3図～第5図はセルフホクの原理による指紋検出作用の説明図である。

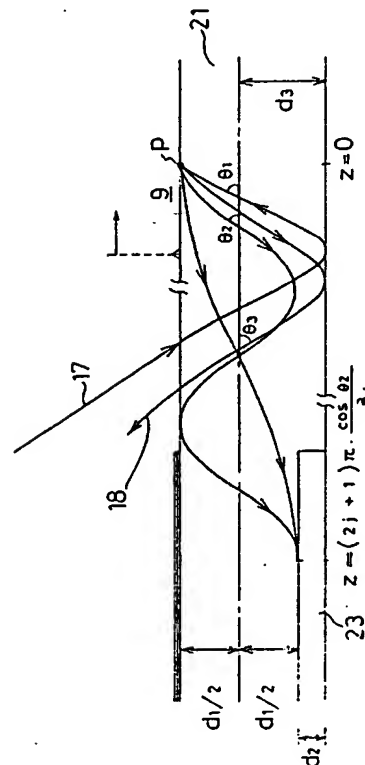
1…ICカード 5…親指

9…指紋検出エリア 15…受光窓
17…レーザー光 19…投光器
21…グレイデッド・インデックス・

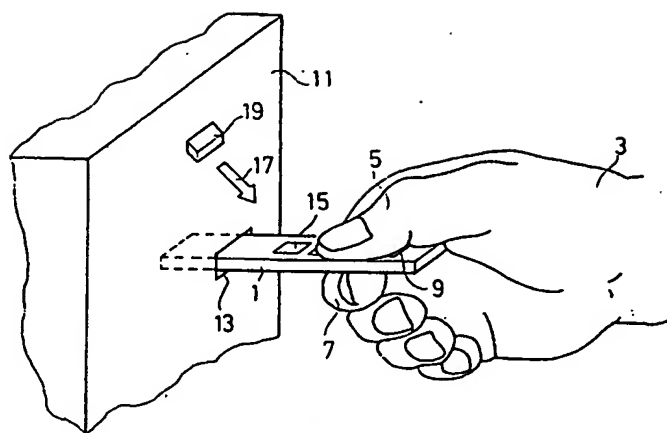
スラブ線路

23…CCDセンサ

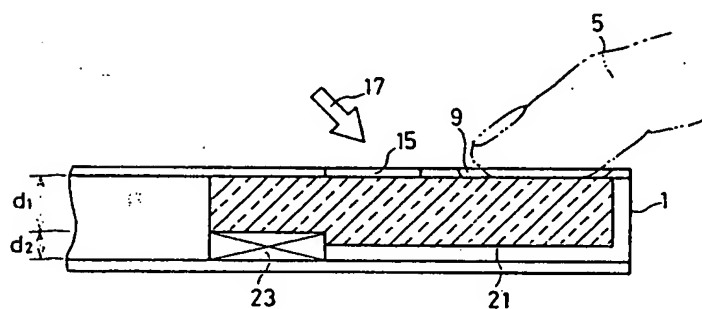
代理人 弁理士 三 好 保 男



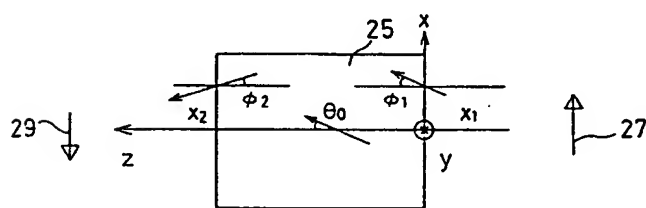
第5図



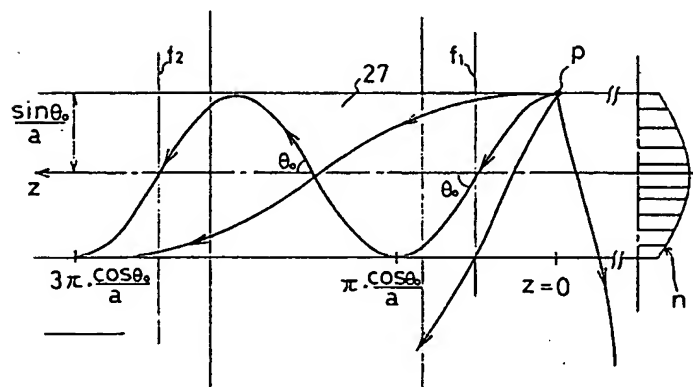
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

手続補正書(自発)

昭和62年10月13日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

昭和62年 特許願第193648号

2. 発明の名称

指紋検出装置

3. 補正をする者

事件との関係

特許出願人

住所(居所)

神奈川県横浜市港北区高田町1549番地

氏名(名称)

メテオラ・システム株式会社

代表者 渡邊 栄治(ほか3名)

4. 代理人

住所

〒105 東京都港区虎ノ門1丁目2番3号

虎ノ門第一ビル5階

電話 東京(504)3075(代)

氏名

弁理士(6834)三好 保男



5. 補正の対象

明細書

6. 補正の内容

(1) 明細書第8頁第2行の「 $\cos^2 \alpha$ 」を「 $\cos^2 \alpha$ 」と補正する。

(2) 明細書第8頁第5行~同頁第7行の「CCDセンサ23部分の厚み d_1 より厚くした態様で寸法 d_1, d_2, d_3 ($d_3 > d_1 / d_2$)を定め」を「CCDセンサ23部分の厚み d_2 より厚くした態様で寸法 d_1, d_2, d_3 ($d_3 > d_1 / 2$)を定め」と補正する。

以上